

INVESTASI DAN PEMILIHAN TEKNOLOGI PENGGIILINGAN PADA AGROINDUSTRI PADI DENGAN PENDEKATAN FUZZY, STUDI KASUS DI KABUPATEN CIANJUR**INVESTMENT AND MILLING TECHNOLOGY SELECTION OF PADDY AGROINDUSTRY USING FUZZY APPROACH, A CASE STUDY AT CIANJUR DISTRICT****Faqih Udin^{1)*}, Marimin¹⁾, Sukardi¹⁾, Agus Buono²⁾, Hariyadi Halid³⁾**¹⁾Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga PO Box 220, Bogor 16680, Indonesia

E-mail : faqihudin58@yahoo.com

²⁾Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor³⁾Badan Urusan Logistik, Jakarta*Makalah: Diterima 25 Maret 2014; Diperbaiki 5 Mei 2014; Disetujui 5 Juni 2014***ABSTRACT**

For the Indonesian people, rice is a staple food that must be always available throughout the year. Therefore, the existence of rice agroindustry is vital and it needs to be developed continuously, so that it can support the increase of domestic rice production. The purposes of this research were to evaluate and select the appropriate rice milling technology that suitable to local condition, and to analyze of its investment feasibility. System approach was used in this research. A Fuzzy-AHP technique was used to evaluate its investment feasibility and to decide the technology appropriateness with special reference to Cianjur District. Research results show that the green technology was the most appropriate technology for developing rice agroindustry in Cianjur District, with score of 0.50, higher than scores of the integrated technology and the conventional technology with only reached values of 0.4 and 0.1, respectively. Furthermore, the result from fuzzy-investment analysis showed that an investment of Rp5.4 billion was required with NPV of Rp3.2 billion and IRR of 29.3%. These indicated that the investment of rice agroindustry was feasible.

Keywords: rice, agroindustry of rice, fuzzy-AHP, fuzzy-investastion

ABSTRAK

Bagi kebanyakan masyarakat Indonesia, beras merupakan bahan pangan pokok yang harus tersedia sepanjang tahun. Oleh karena itu keberadaan agroindustri penghasil beras menjadi vital dan perlu dikembangkan terus agar dapat mendukung peningkatan produksi beras domestik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan memilih teknologi penggilingan padi yang paling tepat sesuai dengan kondisi di lapangan dan melakukan analisis kelayakan investasinya. Pendekatan sistem digunakan sebagai metoda dalam penelitian ini. Untuk mendapatkan pilihan teknologi yang paling tepat digunakan teknik *Fuzzy AHP* dan untuk menilai tingkat kelayakan investasinya digunakan teknik *fuzzy investasi*, dengan Kabupaten Cianjur sebagai lokasi untuk studi kasus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi yang terpilih adalah Teknologi Hijau, dengan skor 0,50 yang mengungguli Teknologi Terpadu dan Teknologi Konvensional dengan skor masing-masing 0,4 dan 0,1. Seterusnya hasil analisis *fuzzy investasi* menunjukkan bahwa dengan investasi sebesar Rp 5,4 milyar menghasilkan nilai NPV sebesar Rp 3,2 milyar dan IRR sebesar 29,3%. Dengan demikian investasi ini layak untuk dijalankan.

Kata kunci: padi, agroindustri padi, *fuzzy AHP*, *fuzzy investasi*

PENDAHULUAN

Agroindustri padi adalah industri yang memproses padi menjadi beras. Separuh lebih penduduk dunia menggunakan beras sebagai sumber kalori (Kasmaprpuet *et al.*, 2009). Di Indonesia, beras merupakan bahan pangan pokok yang sangat strategis dalam tatanan kehidupan masyarakat dan ketahanan pangan nasional (Thahir, 2010). Konsekuensinya adalah beras harus tersedia sepanjang tahun dalam volume yang cukup, mutu yang baik dan harga terjangkau sesuai daya beli masyarakat serta distribusi yang merata di seluruh pemukiman penduduk (Nurmalina, 2008).

Memperhatikan peran strategis beras dalam ketahanan pangan, pemerintah telah menetapkan program swasembada beras secara berkelanjutan (Somantri dan Thahir, 2007). Oleh karena itu amatlah logis bila keberadaan agroindustri padi ini dipandang vital dan perlu untuk dikembangkan terus agar dapat mendukung peningkatan produksi beras domestik.

Budiyanto dan Sitanggang (2011) menyatakan bahwa ketidakcukupan produksi beras domestik dapat disebabkan tidak cukupnya hasil panen dan proses penggilingan gabah menjadi beras yang belum baik. Dari hasil panen tanaman padi yang berupa bulir-bulir padi agar menjadi beras

diperlukan serangkaian proses yang berurutan. Dimulai dengan pemanenan dan perontokan padi di lokasi panen, sampai diperoleh gabah. Gabah kemudian dimasukkan ke dalam karung dan diangkut ke tempat pengeringan atau penjemuran untuk dikeringkan hingga gabah tersebut berkadar air 13-14%. Setelah gabah kering, proses berikutnya adalah menggilingnya sehingga dihasilkan beras sosoh yang siap untuk diangkut ke pasar, grosir ataupun pengecer beras.

Proses penggilingan gabah menjadi beras dilakukan pada unit-unit penggilingan padi. Dengan proses penggilingan yang baik maka akan dapat dihasilkan beras dengan mutu yang baik dan rendemen yang tinggi. Sebaliknya jika proses penggilingan ini kurang baik, maka yang dihasilkan adalah beras dengan mutu yang kurang baik dan rendemennya pun rendah. Umumnya kondisi unit-unit penggilingan padi di sentra-sentra produsen beras di tanah air kondisinya sudah tidak memadai lagi, 32% diantaranya telah berumur lebih dari 15 tahun (Thahir, 2010). Demikian juga dengan tipe mesin yang digunakan untuk menggiling gabah, akan berpengaruh terhadap rendemen. Sadeghi *et al.* (2012) melaporkan bahwa penggunaan mesin sosoh tipe abrasif memberikan kinerja yang lebih baik dibanding tipe friksi.

Selaras dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, tersedia berbagai tipe teknologi untuk pengolahan hasil pertanian dari tingkat yang tradisional hingga teknologi padat modal dengan dukungan peralatan dan mekanisme kontrol yang canggih (Brown, 1994). Seterusnya, untuk lebih mendukung keberhasilan pembangunan agroindustri padi, diperlukan evaluasi dan pemilihan teknologi dan konfigurasi mesin serta proses yang tepat. Penggunaan teknologi konvensional yang banyak digunakan hingga saat ini, memberikan hasil yang kurang memuaskan. Sementara itu untuk mengganti teknologi tersebut dengan teknologi yang canggih, yaitu teknologi terpadu seperti yang digunakan pada *Rice Processing Complex* (RPC) di Korea Selatan atau *Country Elevator* di Jepang diperlukan investasi yang besar dan jaminan pasokan gabah dalam volume yang besar pula agar dapat beroperasi secara ekonomis.

Kabupaten Cianjur adalah salah satu sentra produksi beras yang penting di propinsi Jawa Barat. Daerah ini menghasilkan beras varietas lokal yang sangat terkenal, yaitu beras varietas Pandan Wangi. Unit-unit penggilingan padi yang terdapat di daerah ini umumnya menggunakan Teknologi Pengolahan Padi Sederhana dan Teknologi Pengolahan Padi Kecil.

Patiwiri (2006b), mengelompokkan teknologi pengolahan padi atas lima kelompok, yaitu: teknologi pengolahan padi sederhana, teknologi pengolahan padi kecil, teknologi pengolahan padi besar, teknologi pengolahan padi terpadu dan teknologi pengolahan padi *country*

elevator. Unit-unit penggilingan padi dengan teknologi pengolahan padi sederhana, teknologi pengolahan padi kecil ataupun teknologi pengolahan padi besar umumnya masih menggunakan teknologi konvensional. Oleh karena itu unit-unit penggilingan padi ini dikategorikan berteknologi konvensional. Untuk unit penggilingan padi dengan teknologi seperti yang digunakan pada *Rice Processing Complex* (RPC) atau *Country Elevator*, dikategorikan sebagai teknologi terpadu. Seterusnya, perkembangan teknologi terkini terkait dengan kelestarian lingkungan, muncullah terminologi teknologi berwawasan produksi hijau, yang esensinya adalah pengembangan teknologi yang ramah lingkungan (nir-limbah), hemat energi dan lebih meningkatkan mutu produk yang dihasilkan.

Pada penelitian ini ada tiga alternatif teknologi yang akan dievaluasi dan dipilih, yaitu: Teknologi Konvensional, Teknologi Hijau (*Green Technology*) dan Teknologi Terpadu seperti yang digunakan pada RPC di Korea Selatan, atau *Country Elevator* di Jepang. Adapun deskripsi singkat ketiga jenis teknologi penggilingan padi tersebut adalah sebagai berikut:

Teknologi Konvensional

Teknologi pengolahan padi secara konvensional adalah pengolahan padi yang menggunakan teknologi dengan konfigurasi mesin dan proses yang sederhana. Konfigurasi mesin-mesin pada teknologi ini terdiri atas tiga jenis mesin pokok, yaitu mesin pecah kulit, separator dan penyosoh.

Teknologi ini sudah dikenal sejak awal penggunaan mesin penggiling mekanis di tanah air dan hingga kini tidak mengalami perubahan yang berarti. Disini kurang diperhatikan pentingnya faktor mutu beras yang dihasilkan maupun rendemennya. Untuk mendapatkan gabah kering giling, gabah basah dikeringkan dengan menjemurnya pada lamoran semen. Seringkali tidak tersedia mesin pengering mekanis untukantisipasi kondisi darurat pada musim penghujan. Padahal proses pengeringan gabah yang benar akan menghantarkan kepada mutu gabah kering giling yang baik, yang nantinya akan menghasilkan beras dengan mutu yang baik pula ketika digiling.

Teknologi pengolahan padi sederhana, teknologi pengolahan padi kecil dan teknologi pengolahan padi besar dan teknologi pengolahan padi keliling seperti yang dimaksud di atas masuk dalam kategori teknologi konvensional.

Teknologi Hijau

Teknologi hijau merupakan salah satu teknologi terkini yang potensial berkembang dimasa mendatang di bidang agroindustri (Indrasti *et al.*, 2011). Dibandingkan dengan teknologi konvensional, teknologi ini lebih maju dan lebih baik. Menilik dari sebutan teknologi hijau, maka

pada teknologi hijau untuk penggiliran padi ini terdapat beberapa bagian atau komponen yang ditambahkan atau disempurnakan sejak penanganan bahan, pengeringan, pembersihan dan penggilingan gabah maupun perlakuan terhadap produk akhir.

Pada penanganan bahan, perpindahan bahan dari satu proses ke proses berikutnya tidak lagi dilakukan secara manual, tetapi dengan menggunakan peralatan konveyor atau elevator. Dengan digunakannya peralatan mekanis ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja pengolahan secara keseluruhan. Selain itu, ada pemisahan antara ruang penerimaan gabah basah dengan ruang penyimpanan gabah kering.

Pada proses pengeringan, untuk memperlancar pengeringan gabah disediakan ruang pengering mekanis untukantisipasi datangnya musim penghujan. Udara di dalam ruang pengering ini dipanaskan dengan panas yang berasal dari mesin penggerak (bukan panas dari gas knalpot mesin), yaitu panas kalori yang dilepaskan dari proses pendinginan *diesel* atau *engine* penggerak. Biasanya panas ini dibuang melalui mekanisme air pendingin yang disalurkan ke dalam bak air atau menara air pendingin. Disini fungsi bak pendingin digantikan dengan sepasang radiator dan kipas penghembus udara, yang selanjutnya setelah diperoleh udara panas dihembuskan ke dalam ruang pengering.

Lamporan tetap disediakan sesuai dengan kebutuhan. Dengan demikian pengeringan gabah dapat dilakukan dengan penjemuran di lamporan atau dengan pengeringan secara mekanis. Dengan kondisi seperti ini pengeringan gabah tetap dapat dilaksanakan meskipun langit berawan atau turun hujan.

Gabah kering giling yang akan diproses menjadi beras harus dibersihkan terlebih dahulu. Pada teknologi konvensional, seringkali pembersihan ini hanya membersihkan gabah dari benda-benda lain seperti daun kering, ranting, benang karung, jerami dan lain sebagainya. Padahal seringkali pada gabah tersebut ditemui benda-benda logam seperti paku dan potongan kawat, kerikil-kerikil kecil pecahan lantai jemur. Benda-benda tersebut haruslah dibersihkan dari gabah agar beras yang diperoleh terbebas dari benda-benda tersebut. Pada teknologi yang berwawasan produksi hijau ini digunakan mesin *destoner* untuk menarik atau menyingkirkan partikel-partikel batu dan mesin pembersih bermagnet untuk menyingkirkan partikel-partikel logam.

Untuk mendapatkan beras sosoh dengan rendemen beras kepala yang tinggi, maka dilakukan tiga tahap penyosohan. Tahap pertama dilakukan penyosohan dengan mesin tipe abrasif vertikal, berikutnya dilakukan penyosohan dengan mesin tipe *friction*, dan yang ketiga dilakukan penyosohan dengan mesin sosoh tipe abrasif yang dilengkapi dengan *nozzle* pengkabut air. Kabut air ini di hembuskan ke beras yang akan disosoh.

Pemberian kabut air ke beras yang akan disosoh ini akan melembabkan dan melembutkan lapisan *aleurone* pada butiran-butiran beras, sehingga proses penyosohan dapat terlaksana dengan lebih sempurna, suhu beras tidak terlalu panas, persentase beras patah menurun, sehingga rendemen beras kepala dapat meningkat (Thahir, 2010).

Penggunaan mesin penyosoh dengan *nozzle* pengkabut air harus memperhitungkan adanya tambahan biaya investasi. Hal ini mungkin saja menjadi kelemahan dalam aplikasi proses penyosohan berpengkabut air.

Setelah beras selesai disosoh, proses selanjutnya adalah pemisahan beras atas perbedaan ukuran butiran, yaitu menjadi (Patiwiri, 2006b):

- beras kepala, (yaitu butir-butir beras berukuran > 6/10 panjang butir utuh)
- beras patah besar, (yaitu butir beras patah berukuran antara 2/10 – 6/10 panjang butir utuh)
- beras patah kecil, (yaitu butir beras patah berukuran <2/10 panjang butir utuh)

Untuk menghasilkan beras dengan mutu yang lebih tinggi lagi, dapat dilakukan proses sortasi beras atas perbedaan warnanya, yaitu beras dengan warna yang putih, lebih putih dan yang berwarna putih sekali. Proses ini dilakukan dengan mesin *grain color sorter*.

Pada unit penggilingan padi yang konvensional umumnya masalah timbunan sekam yang menggunung belum mendapatkan perhatian yang serius. Sekam dapat dikomposkan untuk aplikasi lahan pertanian, sebagai media tanam jamur atau tanaman hias, atau digunakan sebagai bahan bakar. Pemilihan penanganan limbah sekam ini berpengaruh terhadap investasi unit penggilingan padi secara keseluruhan. Pilihan yang cukup bijak untuk mengatasi limbah sekam ini adalah dengan mengemas kembali sekam kedalam karung bekas gabah untuk dikomposkan atau ditekankan di lahan petani pengirim gabah.

Teknologi Terpadu

Menurut Thahir (2010), pada tahun 2000, teknologi penggilingan padi terpadu atau yang disebut dengan *Rice Processing Complex (RPC)* mulai digunakan di tanah air. Namun, dalam perkembangannya RPC ini tidak dapat beroperasi secara maksimum karena kekurangan bahan baku, yaitu gabah. RPC tidak dapat bersaing dengan unit-unit penggilingan kecil untuk memperoleh gabah dari petani.

Teknologi pengolahan padi secara terpadu tersusun atas mesin-mesin yang terintegrasi satu kesatuan utuh serta terintegrasi dengan mesin pengering dan silo penyimpanan. Pergerakan bahan dalam proses menggunakan perpaduan antara konveyor, elevator dan gravitasi. Pengolahan padi yang menggunakan teknologi ini umumnya dirancang dengan kapasitas yang besar, sekitar 50

ton gabah per hari. Teknologi RPC dan *Country Elevator* masuk dalam kategori teknologi ini.

Meskipun secara prinsip penggilingan padi menjadi beras sosok itu sama, namun masing-masing pabrik pembuat mesin RPC memiliki konfigurasi yang spesifik dengan keunggulan masing-masing. Ini berarti konfigurasi mesin-mesin pada RPC tidak sama dengan konfigurasi mesin-mesin pada Teknologi Hijau.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan memilih yang paling tepat teknologi penggilingan padi dan melakukan penilaian kelayakan investasinya di Kabupaten Cianjur, yang merupakan salah satu sentra produsen beras yang penting di Propinsi Jawa Barat.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

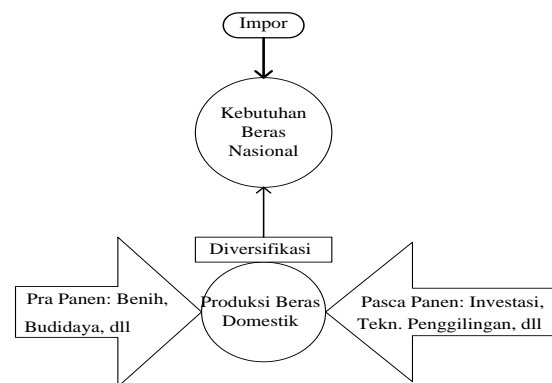
Beras sebagai bahan pangan pokok sudah merupakan produk strategis yang harus dikelola sebaik mungkin baik menyangkut aspek volume pasokan, distribusi, harga dan mutunya (Patiwiri, 2006a); (Nurmalina, 2008); (Thahir, 2010). Dari sisi volume pasokan haruslah diupayakan jangan sampai terjadi kekurangan, sebab akan terjadi gejolak sosial apabila sampai terjadi kekurangan pasokan.

Menjadi cukup rawan dan berisiko apabila untuk memenuhi kebutuhan beras domestik mengandalkan pasokan dari impor. Belum tentu negara produsen beras yang memiliki surplus beras secara otomatis akan mengekspor kelebihan berasnya ke pasar internasional. Negara surplus beras pun masih perlu memiliki cadangan beras guna mengantisipasi keperluan-keperluan yang sifatnya mendadak, seperti untuk menanggulangi bencana alam. Terlebih lagi bahwa beras yang diperdagangkan pada pasar internasional volumenya relatif kecil (Sawit dan Halid, 2010). Tidak mustahil bila di Indonesia terjadi kegagalan panen padi maka akan memicu kenaikan harga beras di pasar internasional. Jadi, Indonesia pun perlu mengamankan pasokan beras guna mencukupi kebutuhan domestik. Bagaimanapun juga adanya beras impor haruslah dipandang sebagai upaya darurat yang harus segera dicari solusinya agar kebutuhan beras domestik seluruhnya dapat dicukupi dengan produk beras domestik pula.

Banyak cara untuk mencapai swsembada beras, baik dengan pendekatan sisi konsumsi atau sisi produksi. Pada pendekatan sisi konsumsi upaya yang dapat ditempuh adalah dengan diversifikasi sumber pangan karbohidrat, sehingga konsumsi beras per kapita per tahun dapat turun. Pada pendekatan sisi produksi, upaya yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan produksi beras, yang dapat diupayakan dengan ekstensifikasi tanaman padi, intensifikasi dan upaya mengurangi atau mencegah susut hasil pada fase pasca panen.

Upaya untuk mengurangi susut pascapanen padi dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu diantaranya yang cukup penting adalah dengan memodernisir unit-unit penggilingan padi. Dengan demikian unit-unit penggilingan padi akan meningkat kinerjanya dan akan meningkat pula rendemen dan mutu beras yang dihasilkan.

Untuk memodernisir unit-unit penggilingan padi, terdapat satu persoalan yang kritis, yaitu penentuan atau pemilihan teknologi yang akan digunakan. Untuk menyelesaikan persoalan kritis ini perlu analisa dengan pendekatan kesisteman. Secara visual kerangka pemikiran penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram kerangka penelitian

Aplikasi Sistem

Sistem adalah keseluruhan interaksi antar unsur pada sebuah obyek dalam batas lingkungan tertentu yang bekerja untuk mencapai tujuan (Muhammadi *et al.*, 2001). Pendekatan sistem adalah suatu pendekatan analisis organisatoris yang menggunakan sistem sebagai titik tolak analisis (Marimin *et al.*, 2013). Menurut Eriyatno (1998), pendekatan sistem itu merupakan cara penyelesaian persoalan yang dimulai dengan dilakukannya identifikasi terhadap sejumlah kebutuhan-kebutuhan sehingga dapat dihasilkan suatu operasi sistem yang dianggap efektif.

Ada tiga pola pikir dasar dalam merancang bangun solusi permasalahan berdasarkan pendekatan sistem, yaitu: 1) siberatik, berorientasi pada tujuan; 2) holistik, yaitu cara pandang yang utuh terhadap sistem dan 3) efektif, yaitu prinsip yang lebih mementingkan hasil guna yang operasional dan dapat dilaksanakan daripada pandangan teoritis untuk mencapai efisiensi keputusan.

Untuk menentukan teknologi yang paling tepat bagi pengembangan agroindustri padi di Kabupaten Cianjur ini digunakan teknik *Fuzzy-AHP* dan untuk menentukan tingkat kelayakan investasinya digunakan teknik *Fuzzy* investasi. Dengan menerapkan konsep *fuzzy* diharapkan hasil analisis yang diperoleh akan lebih baik dan lebih sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan, bila dibandingkan dengan hasil analisa teknik AHP dan investasi secara konvensional.

Pada penelitian ini, hasil dari analisis sistem akan digunakan sebagai landasan untuk menyusun hierarki pemilihan teknologi penggilingan padi yang akan dilakukan dengan metoda *Fuzzy Analytic Hierachi Process*.

Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP merupakan suatu alat atau metoda analitis untuk mendapatkan keputusan yang terbaik atas berbagai alternatif solusi yang tersedia dengan mengintegrasikan berbagai faktor yang menjadi bahan pertimbangan. Disini dibutuhkan responden pakar yang kompeten atau berpengalaman dalam bidang keilmuan yang menjadi fokus penelitian.

Marimin (2004) menjelaskan bahwa prinsip kerja AHP adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur, strategik dan dinamik menjadi sebuah bagian-bagian yang tertata dalam suatu hirarki. Secara grafis, persoalan pengambilan keputusan dengan teknik AHP dapat dikonstruksikan sebagai diagram bertingkat (hirarki).

Penyelesaian teknik AHP dimulai dengan fokus persoalan, kemudian sasaran, pelaku atau *stakeholder* yang terlibat, kriteria, sub-kriteria dan akhirnya alternatif. Terdapat berbagai ragam bentuk hieraki keputusan sesuai dengan fokus penelitian yang hendak diselesaikan dengan teknik AHP. Teknik AHP banyak digunakan untuk pengambilan keputusan pada berbagai bidang baik pemerintahan, bisnis, industri, kesehatan dan pendidikan (Kim *et al.*, 2010).

Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Teori *fuzzy* adalah suatu teori matematika yang dirancang dengan model yang tidak tegas seperti ya atau tidak. Teori ini seperti pada bahasa manusia sehari-hari yang merujuk kepada kelompok atau kelas. Teori ini pada dasarnya adalah suatu teori dari batasan-batasan kelas yang tidak tegas. Kunci gagasan untuk teori *fuzzy* adalah bahwa suatu unsur mempunyai suatu tingkat derajat keanggotaan (*membership degree*) dalam suatu yang kondisi yang tidak tegas. Fungsi keanggotaan merepresentasikan nilai keanggotaan dari suatu unsur dalam suatu gugus yang ditetapkan terlebih dahulu.. Nilai keanggotaan dari suatu unsur berkisar antara 0 dan 1.

Seperti AHP konvensional, *Fuzzy-AHP* juga banyak digunakan untuk beragam bidang pengambilan keputusan, seperti yang dilakukan oleh Chen *et al.* (2006), Wang dan Yang (2009) , untuk menetapkan pemasok terbaik pada rantai pasok, Bozbura *et al.* (2007) untuk menentukan indikator sumberdaya manusia yang prioritas, Aminloe dan Ghaderi (2010) untuk perencanaan pembangkit tenaga listrik dan Chatterjee dan Mukerjee (2010) untuk mengevaluasi lembaga pendidikan teknik.

Dalam pendekatan *fuzzy-AHP*, hirarki dari pemilihan alternatif perlu dibangun dahulu sebelum dilakukan perbandingan berpasangan dengan AHP. Setelah membangun suatu hirarki, responden pakar diminta untuk membandingkan elemen-elemen pada tingkatan yang ditentukan di suatu basis pasangan untuk memperkirakan hubungan kepentingan antar elemen. Dalam AHP konvensional, perbandingan berpasangan dibuat dengan menggunakan suatu skala rasio. Suatu skala yang sering digunakan adalah titik-semilan skala (Saaty, 1980), Tabel 1 menunjukkan penilaian atau pilihan di antara alternatif pilihan seperti sama penting, sedikit lebih penting, jelas lebih penting, sangat jelas lebih penting, dan mutlak lebih penting.

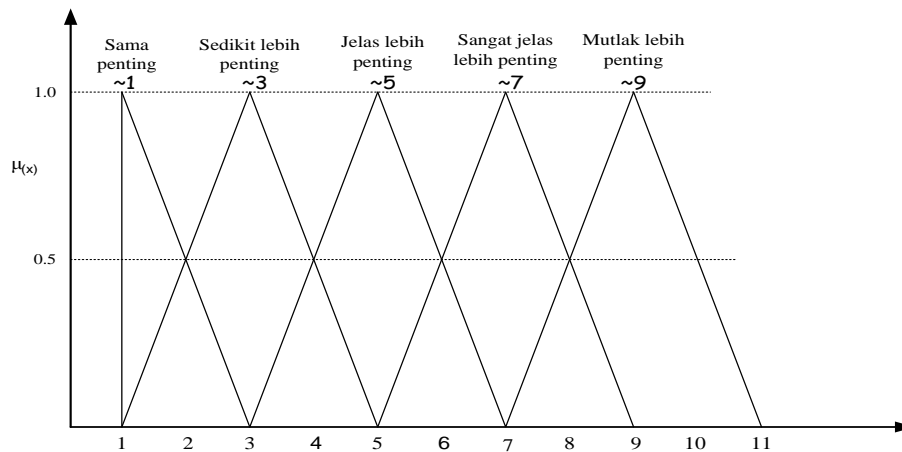
Dalam studi ini, *triangular fuzzy number*(TFN), $\sim 1 - \sim 9$, digunakan untuk menunjukkan perbandingan berpasangan tentang proses pemilihan untuk tujuan menangkap ketidakjelasan. Angka *fuzzy* adalah *fuzzy* khusus yang di-set $F = \{ (x, \mu_f(x)), x \in R \}$, di mana x nilai di garis yang riil, $R : -\infty < x < +\infty$ dan $\mu_f(x)$ adalah suatu pemetaan lanjutan dari R pada interval tertutup $[0, 1]$. Suatu TFN dinyatakan sebagai $M = (l, m, u)$, di mana $l \leq m \leq u$, mempunyai jenis keanggotaan jenis fungsi triangular sebagai berikut:

$$\mu_F(x) = \begin{cases} 0 & x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases}$$

TFN $\sim 1 - \sim 9$, digunakan untuk meningkatkan pilihan skala konvensional sembilan poin. Untuk tujuan impresisi dari penilaian manusia yang kualitatif ke dalam pertimbangan, lima TFN digambarkan sesuai dengan fungsi keanggotaan seperti pada Gambar 2 (Nepal *et al.*, 2010).

Tabel 1. Definisi dan fungsi keanggotaan dari *fuzzy number*

Tingkat kepentingan	Fuzzy number	Definisi	Fungsi keanggotaan
1	~ 1	Sama penting	(1,1,3)
3	~ 3	Sedikit lebih penting	(1,3,5)
5	~ 5	Jelas lebih penting	(3,5,7)
7	~ 7	Sangat jelas lebih penting	(5,7,9)
9	~ 9	Mutlak lebih penting	(7,9,11)



Gambar 2. *Membership function fuzzy $\mu(x)$ untuk nilai linguistik kriteria dan alternatif (Nepal et al., 2010).*

Analisis Kelayakan Finansial

Penilaian terhadap kelayakan suatu investasi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa kriteria utama (Salengke, 2012), dua diantaranya yang penting adalah *Net Present Value* dan *Interest Rate of Return* (Shamshirband et al., 2014).

Net Present Value (NPV)

Nilai bersih pada saat ini yang diperoleh dengan jalan mendiskontokan selisih antara jumlah kas yang keluar dari dana proyek dan kas yang masuk ke dalam dana proyek tiap-tiap tahun dengan suatu tingkat persentase bunga yang telah ditentukan sebelumnya.

Tingkat bunga tersebut dapat diperoleh dari tingkat bunga pinjaman jangka panjang yang berlaku di pasar modal atau berdasarkan tingkat pinjaman yang harus dibayar oleh pemilik proyek. Jangka waktu perdiskontoan harus sama dengan umur ekonomis proyek. Persamaan yang digunakan adalah:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \right]$$

Dimana:

- B_t : keuntungan kotor proyek pada tahun ke- t
- C_t : biaya kotor proyek pada tahun ke- t
- n : umur ekonomis proyek
- i : tingkat bunga yang berlaku (%)

Internal Rate of Return (IRR)

Internal rate of return (IRR) merupakan suatu tingkat bunga (i) yang menyebabkan nilai NPV sama dengan nol, sehingga nilai sekarang dan aliran uang tunai yang masuk sama dengan nilai sekarang dari yang keluar. Persamaan yang digunakan untuk menghitung IRR adalah:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_{i_1}}{NPV_{i_1} - NPV_{i_2}} \times (i_2 - i_1) \right)$$

Fuzzy Kelayakan Finansial

Analisis kelayakan finansial pengembangan agroindustri padi digunakan kriteria yang bersifat fuzzy yang dinyatakan dalam suatu ukuran verbal linguistik sehingga untuk pengolahan data digunakan metodafuzzy. Bentuk fungsi keanggotaan yang dipilih adalah fungsi TFN

Tatalaksana Penelitian

Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam kajian ini adalah data primer dan data sekunder yang terdiri dari data kualitatif dan kuantitatif. Data primer meliputi hasil wawancara bersama pakar dan praktisi yang terlibat langsung dalam pengembangan agroindustri berbasis padi. Data sekunder diperoleh dari studi pustaka, dari dinas pertanian, dinas perindustrian, dinas perdagangan dan koperasi kabupaten Cianjur dan sumber-sumber lainnya.

Tahapan Penelitian

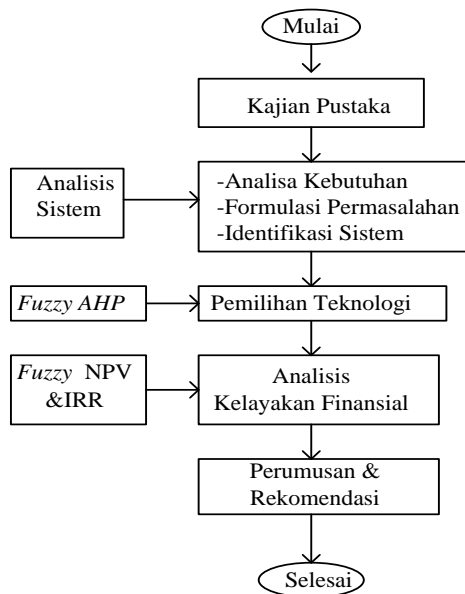
Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir seperti pada Gambar 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan Sistem

Problematika pembangunan agroindustri berbasis padi melibatkan banyak pihak, meliputi berbagai aspek dan seyogyanya diselesaikan secara lintas-disiplin. Pendekatan secara sistem memungkinkan untuk menyelesaikan problematika ini secara holistik (menyeluruh) dan simultan. Dengan pendekatan secara sistem dapat diharapkan adanya sinergi yang dapat meningkatkan hasil dan sekaligus mempersingkat tempo penyelesaian.

Adapun pihak-pihak yang terlibat pada pembangunan agroindustri berbasis padi beserta kebutuhan untuk masing-masing pihak disajikan pada Tabel 2.



Gambar 3. Diagram alir tahapan penelitian

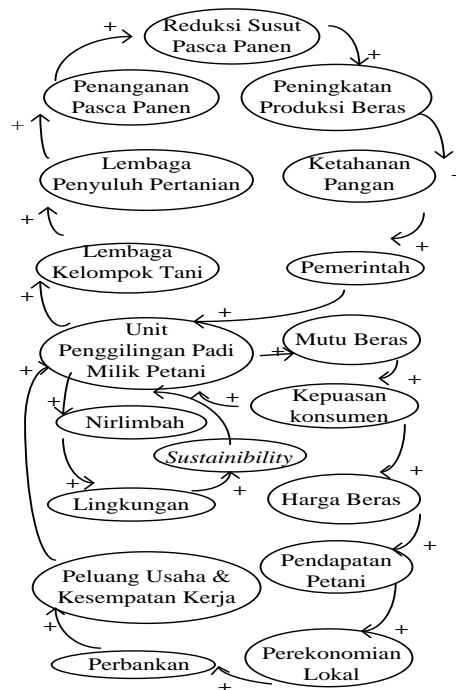
Tabel 2. Pihak-pihak yang terlibat beserta kebutuhannya pada pembangunan agroindustri berbasis padi

No	Pelaku	Kebutuhan
1.	Petani padi	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan pendapatan • Tersedianya sarana produksi
2.	Pedagang padi/beras lokal	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan transaksi bersaing • Peningkatan keuntungan
3.	Agroindustri penggilingan padi	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan omzet • Peningkatan keuntungan
4.	Pemerintah	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan perekonomian lokal/regional • Peningkatan penyerapan tenaga kerja
5.	Perbankan	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan perekonomian lokal/regional • Peningkatan omzet perbankan
6.	Supplier saprotan	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan omzet • Peningkatan keuntungan
7.	Konsumen	<ul style="list-style-type: none"> • Harga beras terjangkau • Mutu beras bagus

Diagram lingkaran sebab-akibat yang dapat terjadi pada model ini adalah ditunjukkan oleh pada Gambar 4. Terdapat empat sub-lingkar sebab-akibat, yaitu sub-lingkar sebab-akibat terkait dengan peningkatan produksi beras, pendapatan petani, mutu beras dan keberlanjutan agroindustri yang dirancang. Sub-lingkar sebab-akibat peningkatan produksi beras dan pendapatan petani merupakan *loop enforcing*, dan sub-lingkar sebab-akibat peningkatan mutu beras dan keberlanjutan agroindustri merupakan *loop balancing*. Apabila agroindustri berbasis padi yang dirancang ini dibangun di suatu sentra produksi padi, maka dapat diharapkan akan memberikan dampak bagi masyarakat setempat maupun masyarakat yang lebih luas. Diantara berbagai dampak tersebut yang terutama adalah peningkatan pendapatan petani,

produksi beras, mutu beras dan keberlanjutan agroindustri tersebut. Pasandaran (2006) menekankan pentingnya membangun kemampuan kolektif masyarakat tani untuk mengendalikan konversi lahan pertanian.

Pada sisi yang fundamental, karena agroindustri ini dimiliki oleh kelompok tani, maka akan dapat memberikan tambahan pendapatan bagi petani-petani yang tergabung dalam kelompok tersebut. Dengan adanya peningkatan pendapatan warga masyarakat maka tentu akan dapat menstimulir percepatan roda perekonomian lokal. Selanjutnya akan berkembang kegiatan sektor finansial atau perbankan dan juga munculnya peluang usaha dan kesempatan kerja.



Gambar 4. Diagram lingkaran sebab-akibat model sistem pembangunan agroindustri berbasis padi dengan pola divestasi

Dari sisi kepentingan Pemerintah untuk meningkatkan ketahanan pangan, maka pembangunan agroindustri berbasis padi ini sejalan dengan kepentingan tersebut. Hadirnya agroindustri milik petani ini akan memperkuat keberadaan lembaga kelompok tani. Dengan menguatnya lembaga kelompok tani ini akan menstimulir penguatan lembaga penyuluh pertanian. Dengan demikian aktifitas-aktifitas penyuluhan, termasuk penyuluhan tentang pasca panen akan semakin gencar dan semakin baik. Kondisi ini akan dapat mereduksi susut pasca panen, yang berarti akan dapat meningkatkan produksi beras. Meningkatnya produksi beras ini adalah sejalan dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan ketahanan pangan. Seterusnya, Pemerintah terdorong untuk membangun agroindustri berbasis padi ini di sentra-sentra produksi padi.

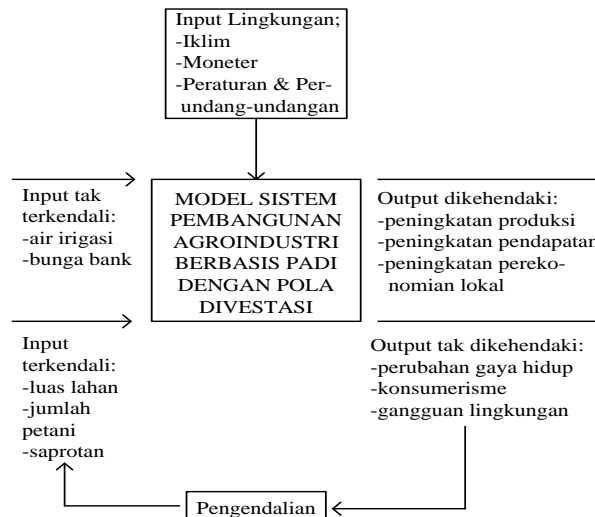
Dari sisi mutu produk, agroindustri ini akan menghasilkan beras dengan mutu yang prima. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan mesin-mesin dan peralatan yang modern. Dengan meningkatnya mutu beras yang dihasilkan diharapkan akan dapat meningkatkan kepuasan konsumen, sehingga konsumen akan lebih loyal untuk memilih beras produksi agroindustri ini. Dari sisi harga, meningkatnya mutu produk akan dapat pula meningkatkan harga jual, yang berarti akan meningkatkan pula pendapatan petani.

Akhirnya, dari sisi lingkungan hidup, agroindustri ini dirancang dengan memadukan wawasan *green technology*, yaitu diupayakan untuk tidak menghasilkan limbah dan sedapat mungkin memanfaatkan energi yang tersedia di alam sekitar seperti energi radiasi matahari, efek panas rumah

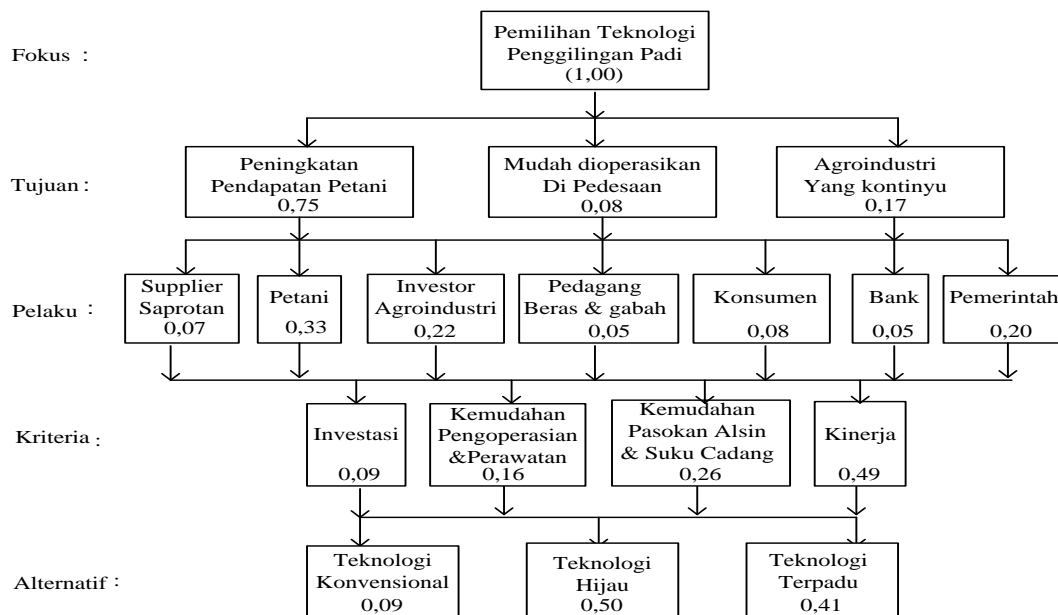
kaca serta efek cerobong (*chimney effect*) untuk memperlancar sirkulasi udara pada ruang pengering. Selain itu, panas buangan dari mesin diesel penggerak mesin pecah kulit maupun mesin penyosoh, dimanfaatkan guna menambah pasokan udara panas ke dalam ruang pengering gabah. Diagram *input-output* sistem ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Fuzzy-AHP untuk Pemilihan Teknologi Penggilingan Padi

Berdasarkan *brainstorming* dengan pakar dalam bidang agroindustri padi, diperoleh struktur Fuzzy-AHP yang terdiri atas empat hirarki, yaitu tujuan, pelaku, kriteria dan alternatif teknologi. Pada hirarki tujuan terdiri atas tiga faktor, yaitu tujuan peningkatan pendapatan petani, kemudahan pengoperasian alat dan mesin di areal perdesaan dan tujuan yang ketiga adalah terwujudnya agroindustri yang kontinyu. Kemudian pada hirarki pelaku, sesuai dengan hasil analisis sistem, terdiri atas tujuh komponen pelaku, yaitu pemasok sarana produksi pertanian (saprota), petani, investor agroindustri, konsumen, perbankan dan pemerintah. Seterusnya pada hirarki kriteria, terdiri atas empat kriteria, yaitu tingkat investasi, kemudahan pengoperasian dan perawatan alat dan mesin, kemudahan mendapatkan pasokan alat dan mesin serta suku cadangnya, dan kriteria keempat adalah kriteria kinerja atas alat dan mesin (teknologi) yang akan dipilih. Akhirnya pada hirarki alternatif terdapat tiga alternatif teknologi yang dapat dipilih, yaitu teknologi konvensional, teknologi hijau dan teknologi terpadu. Struktur hierarki untuk mengevaluasi dan memilih teknologi penggilingan padi pada Gambar 6.



Gambar 5. Diagram *input-output* model sistem pembangunan agroindustri berbasispadi dengan pola divestasi



Gambar 6. Nilai akhir pendapat gabungan pakar untuk mengevaluasi dan memilih teknologi penggilingan padi

Tiga orang pakar yang memiliki kepakaran dibidang teknologi penggilingan padi berkenan untuk memberikan penilaian matrik perbandingan berpasangan *fuzzy* yang telah dipersiapkan. Setiap matrik pendapat masing-masing pakar diperiksa terlebih dahulu konsistensinya dengan menghitung nilai CR-nya. Setelah semuanya konsisten, maka pendapat atau nilai gabungan pakar dapat diperoleh dengan menggunakan rumus rata-rata geometrik (Marimin dan Maghfiroh, 2010), yaitu:

$$\bar{x} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i}$$

\bar{x} : Nilai rata-rata geometrik

x_i : Nilai pendapat pakar ke- i

n : Jumlah pakar

Adapun hasil akhir yang merupakan pendapat gabungan pakar disajikan pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6, tampak bahwa untuk faktor tujuan, tujuan Peningkatan Pendapatan Petani merupakan faktor tujuan yang terpenting dengan skor mencapai 0,75. Faktor tujuan lainnya yaitu Agroindustri yang Kontinyu dan Kemudahan di Operasikan di Pedesaan, masing-masing memiliki skor 0,17 dan 0,08.

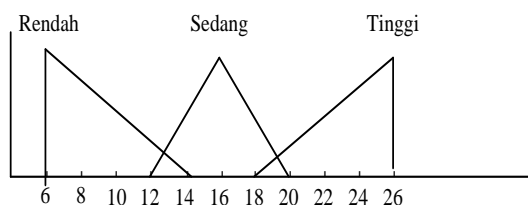
Seterusnya, pada faktor pelaku terdapat tiga pelaku yang penting, yaitu Petani, Investor Agroindustri dan Pemerintah, masing-masing memperoleh skor 0,33, 0,22 dan 0,20. Sedangkan Konsumen dan pemasok Saproton masing-masing mendapatkan skor 0,08 dan 0,07. Skor terendah diperoleh pelaku Pedagang Beras dan Gabah dan Bank dengan skor yang sama yaitu 0,05.

Pada faktor kriteria, tampak bahwa kriteria yang terpenting adalah Kinerja dengan skor 0,49, kemudian kriteria Kemudahan Pasokan Alsin dan Suku Cadang, Kemudahan Pengopersian dan Perawatan dan Investasi dengan skor masing-masing 0,26, 0,16 dan 0,09. Akhirnya faktor alternatif teknologi, ternyata yang tertinggi skornya adalah Teknologi Hijau dengan skor 0,50, berikutnya Teknologi Terpadu dengan skor 0,41 dan terakhir Teknologi Konvensional dengan skor hanya 0,09. Dengan demikian teknologi yang terpilih adalah Teknologi Hijau.

Fuzzy Investasi

Penentuan kelayakan investasi dengan menggunakan metode *fuzzy* dapat mengilustrasikan nilai yang dijumpai pada keadaan nyata, sehingga dapat dijadikan alat untuk analisis yang lebih tepat. Pada metode analisis investasi secara konvensional, kesimpulan yang didapat adalah layak atau tidak layak. Pada pendekatan *fuzzy*, kesimpulan yang diperoleh dapat merupakan himpunan *fuzzy* yang terdiri dari alternatif: tidak layak, kurang layak, sedikit layak dan sangat layak.

Pengembangan model investasi *fuzzy* yang dilakukan dengan variabel yang di-*fuzzy*-kan. Variabel yang di-*fuzzy*-kan pada studi ini adalah tingkat bunga (*interest rate*). Tingkat suku bunga merupakan variabel yang mempengaruhi *cashflow*, seperti yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. TFN Tingkat Suku Bunga

Variabel tingkat suku bunga merupakan inputan yang terdiri dari tiga nilai yaitu rendah, sedang dan tinggi. Dengan inputan yang bersifat *fuzzy* tersebut maka, *cash flow* akan dihasilkan juga *fuzzy*. Dengan representasi menggunakan TFN segitiga sama kaki, diperoleh nilai yang mungkin untuk rendah (6,6,14) sedang (12,16,20) dan tinggi (18,26,26). Interval keanggotaan suku bunga untuk masing-masing kategori dengan menggunakan angka *fuzzy* dengan TFN disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis finansial diklasifikasikan dalam empat tingkat kelayakan, yaitu: tidak layak, agak layak, layak, cukup layak dan sangat layak, disajikan pada Tabel 4. Hasil perhitungan didapatkan:

NPV rendah = Rp 1,4 milyar
NPV sedang = Rp 2,9 milyar
NPV tinggi = Rp 5,4 milyar

Langkah selanjutnya untuk memperoleh nilai tunggal dilakukan defuzzifikasi dengan metode centroid, menghasilkan NPV sebesar Rp 3,2 milyar, dengan nilai IRR 29,3%. Berdasarkan kriteria yang disajikan pada Tabel 3, maka nilai tersebut menunjukkan bahwa investasi layak karena memiliki IRR lebih besar dari tingkat suku bunga bank dan $NPV > 0$. Atau secara terinci sangat layak pada tingkat suku bunga rendah, tetap layak pada tingkat suku bunga sedang dan masih agak layak pada tingkat suku bunga tinggi. Jadi agroindustri ini tetap layak pada kondisi suku bunga tinggi sedang, apalagi rendah.

Penelitian ini dapat diperdalam dengan analisis risiko dan nilai tambah pada setiap tahapan proses penggilingan padi pada khususnya dan rantai pasok industri penggilingan padi pada umumnya, seperti yang dilakukan oleh Hidayat *et al.* (2012) pada komoditi kelapa sawit dan Astuti *et al.* (2013) pada komoditi buah manggis.

Tabel 3. Himpunan *fuzzy* untuk suku bunga dengan TFN

Klasifikasi	Representasi		Fuzzifikasi	
	Natural	Ordinal	Rentang	TFN
Tinggi	T	3	18, 26	(18, 26, 26)
Sedang	S	2	12, 20	(12, 16, 20)
Rendah	R	1	6, 14	(6, 6, 14)

Tabel 4. Kriteria kelayakan model investasi *fuzzy*

Indikator	Tidak Layak	Agak Layak	Layak	Sangat Layak
NPV	< 0	> 0	> 0	> 0
IRR	< 0	$r < IRR < 1,5 r$	$1,5 < IRR < 2 r$	$IRR > 2 r$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Untuk membangun atau mengembangkan agroindustri berbasis padi, diperlukan pemilihan teknologi penggilingan padi yang berkinerja tinggi dan sesuai dengan kondisi lapang sehingga dapat beroperasi dengan lancar dan menguntungkan. Teknologi Hijau adalah pilihan yang terbaik dibandingkan dengan Teknologi Terpadu ataupun Teknologi Konvensional.

Dengan nilai investasi sebesar Rp 5.4 milyar, untuk membangun satu unit penggilingan padi berteknologi hijau di Kabupaten Cianjur, diperoleh nilai NPV sebesar Rp3,2 milyar dan IRR sebesar 29,3%, yang berarti investasi ini layak untuk direalisasikan.

Saran

Sesungguhnya agroindustri berbasis padi tidak hanya dapat menghasilkan produk-produk untuk keperluan pangan atau pakan saja seperti beras, tepung beras dan bekatul, tetapi juga dapat menghasilkan pati beras, yang merupakan bahan baku industri kosmetika yang umumnya memiliki nilai tambah yang tinggi dibanding produk-produk pangan. Untuk itu, perlu dilakukan analisis investasi dengan produk utama pati beras

DAFTAR PUSTAKA

- Aminloei RT dan Ghaderi SF. 2010. Generation planning in iranian power plant with fuzzy hierarchical production planning. *Energy Convers Mgmt*. 51: 1230-1241.
- Astuti R, Marimin, Machfud, Arkeman Y, Poerwanto R, Meuwissen, MPM. 2013. Risks and risks mitigations in the supply chain of mangosteen: a case study. *Int J Opr Supply Chain Mgmt*. 6(1):11-25.
- Bozbura TT, Beskese AC dan Kahraman C. 2007. Prioritization of human capital measurement indicator using fuzzy AHP. *Expert Sys Appl*. 32: 1100 -1112.
- Budiyanto S dan Sitanggang AB. 2011. Produktivitas dan proses penggilingan padi terkait dengan pengendalian faktor mutu berasnya. *Pangan*. 20(2): 141 – 152.
- Brown JG. 1994. *Agroindustrial Investment and Operations*. Washington DC: The World Bank.
- Chatterjee D dan Mukerjee B. 2010. Study of fuzzy-AHP model to search the criterion in the evaluation of the best technical institution: a case study. *Int J Eng Sci Technol*. 2(7): 2499 – 2510.
- Chen CT, Lin CT, dan Huang SF. 2006. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *Int J Prod Econom*. 102: 289 – 301.
- Eriyatno. 1998. *Ilmu Sistem. Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen*. Bogor: IPB Press.
- Hidayat S, Marimin, Suryani A, Sukardi, Yani M. 2012. Model identifikasi risiko dan strategi peningkatan nilai tambah pada pantai pasok kelapa sawit. *J Teknik Indus*. 14(2): 89-96.
- Indrasti NS, Eriyatno, Darwis AA, Jamaran I, Gumbira-Said E, Nasution MZ, Mangunwidjaja D, Machfud, Hermawan A, Suparno O. 2011. Rumusan Simposium Nasional Agroindustri IV “Penguatan Agroindustri: Gerakan Memakmurkan Bangsa”. Bogor.
- Kasmapraprue S, Paengjuntuek W, Sikhwan P, Pangrassami. 2009. Life cycle assessment of milled rice production: case study in Thailand. *Europ J Sci Res*. 30. (2): 195 – 203.
- Kim W, Han SK, Oh KJ, Kim TY, An H, Song C. 2010. The dual hierarchy process to prioritize emerging technologies. *Technol Forecas SoC Change*. 77: 565 – 577.
- Marimin dan Maghfiroh N. 2010. *Teknik Pengambilan Keputusan dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor: IPB Press.
- Marimin, Djatna T, Suharjito, Hidayat S, Utama DN, Astuti R, Martini S. 2013. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok*. Bogor: IPB Press.
- Muhammadi E, Aminullah B, dan Soesilo. 2001. *Analisis Sistem Dinamis*. Jakarta: Penerbit UMJ Press.
- Nepal B, Yadav OP, dan Murat A. 2010. A fuzzy-AHP approach to prioritization of cs attributes in target planning for automotive product development. *Expert Sys Appl*. 37: 6775 – 6786.
- Nurmalina R. 2008. Analisis indeks dan status keberlanjutan sistem ketersediaan beras di beberapa wilayah Indonesia. *J Agro Eko*. 26 (1): 47 – 79.
- Pasandaran E. 2006. Alternatif kebijakan pengendalian konversi lahan sawah beririgasi di Indonesia. *J Litbang Pert*. 25(4): 123 – 129.
- Patiwiri AW. 2006a. Kemitraan Dalam Upaya Peningkatan Kuantitas dan Kualitas Produksi Padi. Lokakarya Nasional Peningkatan Daya Saing Beras Nasional. Kerjasama Perum BULOG-FATETA IPB. Jakarta.
- Patiwiri AW. 2006b. *Teknologi Penggilingan Padi*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.
- Saaty TL. 1980. *Decision Making for Leaders. The Analyical Hierarchy Process for Decision*

- in *Complex World*. New York: Mc Graw Hill Book Co.
- Sawit M dan Halid H. 2010. *Arsitektur Kebijakan Beras di Era Baru*. Bogor: IPB Press.
- Sadeghi M, Hoseinian SH, dan Hemmat A. 2012. Influence of moisture content and whitening method on degree of milling and head rice yield of three iranian rice varieties. *Aus J Crop Sci*.6(11): 1481 – 1485.
- Salengke. 2012. *Engineering Economy. Techniques for Project and Business Feasibility Analysis*.Makassar: Identitas Unhas.
- Shamshirband S, Petkovic D, Cojbasic Z, Nicolice V, Anuar NB, Shuib NLM, Kiah MLM, Akib S. 2014. Adaptive neuro-fuzzy optimization of wind farm project net profit. *Energy Conver Mgmt*. 80: 229 – 237.
- Somantri AS dan Thahir R. 2007. Analisis sistem dinamik ketersediaan beras di merauke dalam rangka menuju lumbung padi bagi kawasan timur Indonesia. *Bul Teknol Pasca Panen Pert*. 3: 55-62.
- Thahir R. 2010. Revitalisasi penggilingan padi melalui inovasi penyosohan mendukung swasembada beras dan persaingan global. *Pengemb Inovasi Pert*. 3 (3): 171 – 183.
- Wang TY dan Yang YH. 2009. A Fuzzy model for supplier selection in quantity discount environments. *Expert Systems with Applications*. 36: 12179 – 12187.